



Наукові перспективи
Видавнича група

№ 11(52)

2025

НАУКА і ТЕХНІКА

серія: *право*, серія: *економіка*, серія: *педагогіка*,
серія: *техніка*, серія: *фізико-математичні науки*

СЬОГОДНІ

З Україною

в серці!



Видавнича група «Наукові перспективи»

Всеукраїнська Асамблея докторів наук із державного управління

«Наука і техніка сьогодні»

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

Випуск № 11(52) 2025

Київ – 2025

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration

"Science and technology today"
("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series,
"Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)

Issue № 11(52) 2025

Kyiv – 2025

ISSN 2786-6025 Online
УДК 001.32:1 /3/(477)(02)

DOI:  Crossref
we use DOIs

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11\(52\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52))

**«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»):
журнал. 2025. № 11(52) 2025. С. 2990**



*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320
журналу присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки
(спеціальності – 015 - Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу
присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно
категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)*

*Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та соціології
Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), громадської організації
«Християнська академія педагогічних наук України» та громадської організації
«Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з духовно-морального виховання»*

*Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління
(Рішення від 24.11.2025 № 8/11-25)*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC),
міжнародної пошукової системи Google Scholar та до міжнародної наукометричної
бази даних Research Bible



Головний редактор: Сопілко Ірина Миколаївна - доктор юридичних наук,
професор, Відмінник освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих
вчених, Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі
фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок, академік
Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист України (Київ, Україна)

Редакційна колегія:

- Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Войтасик Андрій Миколайович – кандидат технічних наук за спеціальністю системи та процеси керування, доцент кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв, Україна), Віце-академік громадської наукової організації «Академія технічних наук України» (Івано-Франківськ, Україна)
- Волк Павло Павлович — доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Воробйов Яків Анатолійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Ізмайльського державного гуманітарного університету, учасник бойових дій, член громадської організації «Міжнародна фундація науковців та освітян», автор наукових публікацій та навчально-методичних матеріалів у галузі математики, прикладної математики, інформаційних технологій та педагогіки;
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дівізніюк Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)
- Ільїн Валерій Юрійович - доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

- Ільїна Анастасія Олександрівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління і адміністрування Національного торговельно-економічного університету (Київ, Україна)
- Кардаш Оксана Любомирівна — кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
- Квасніков Володимир Павлович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Коваленко Валентин Васильович - доктор юридичних наук, професор, провідний науковий співробітник сектору авторського права та суміжних прав лабораторії авторського права та інформаційних технологій Науково-дослідного центру судової експертизи з питань інтелектуальної власності Міністерства юстиції України (Київ, Україна)
- Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
- Комнатний Сергій Олександрович - докторант кафедри філософії права та юридичної логіки Національної академії внутрішніх справ (Київ, Україна)
- Коробкова Олена Миколаївна - кандидат економічних наук, доцент кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт» Одеського національного морського університету, засновниця Навчального центру з підготовки та підвищення кваліфікації митних брокерів в Україні, експерт з митної справи, член Асоціації митних брокерів в Україні, дійсний Віце академік громадської організації «Академія технічних наук України», Member of International federation of customs brokers association (USA)
- Кравчук Володимир Миколайович — доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Кузьмич Людмила Володимирівна - доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Куницький Сергій Олегович - кандидат технічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-дослідної частини Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Лук'янчук Олександр Петрович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Маджд Світлана Михайлівна - доктор технічних наук, професор, професор кафедри зеленої економіки та економіки природокористування Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (Київ, Україна)
- Мануель Давид Массено - доцент відділу права та захисту даних, старший науковий співробітник і член координаційного комітету лабораторії UbiNET, запрошений член PDPC, член-консультант комісій цифрового права муніципальних адвокатських колегій Кампінаса та Прая-Гранде (Сан-Паулу), а також Комісії з інновацій, управління та технологій муніципальної адвокатської колегії Гуарульоса, коментатор IODA, почесний член IDEIA Institute, член Наукового комітету MICHN, член EDEN, член-кореспондент RedNAC, член UMAU, член-кореспондент UBAU (Португалія)
- Микитин Тарас Миронович - кандидат технічних наук, завідувач кафедри менеджменту Рівненського державного гуманітарного університету (Рівне, Україна)
- Миргород-Карпова Валерія Валеріївна - кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
- Мізюк Вікторія Анатоліївна – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету управління, адміністрування та інформаційної діяльності Ізмаїльського державного гуманітарного університету (Ізмаїл, Україна)
- Мірошніченко Валентина Іванівна - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри психології, педагогіки та соціально-економічних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Хмельницький, Україна)
- Міхальський Томаш — доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
- Огієнко Микола Миколайович - кандидат технічних наук, професор кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Одарченко Роман Сергійович - завідувач кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Олексенко В'ячеслав Михайлович – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (Харків, Україна)
- Оніщенко Наталія Миколаївна - доктор юридичних наук, професор, Заслужений юрист України, академік НАПрН України, завідувач відділу теорії держави і права Інституту держави і права ім. В.М.Корецького НАН України (Київ, Україна)
- Опанасенко Володимир Миколайович — доцент кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Ордановська Олександра Ігорівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інноваційних технологій та методики навчання природничих дисциплін Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Охріменко (Жмурко) Тетяна Олександрівна - старший науковий співробітник кафедри комп'ютеризованих систем управління Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Павлов Костянтин Володимирович — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри підприємництва і маркетингу Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
- Паскаль Олена Вікторівна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогічних технологій початкової освіти Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
- Поліщук Віталій Васильович — кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу зрошення, відділення меліорації Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України (Київ, Україна)
- Пономаренко Лілія Петрівна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри Загальної фізики Фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)
- Приходькіна Наталія Олексіївна - доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)

- Стахова Анжеліка Петрівна — старший викладач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Турчинова Ганна Володимирівна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Удодова Яна Вадимівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку та оподаткування Запорізького національного університету (Запоріжжя, Україна)
- Фесенко Андрій Олексійович - кандидат технічних наук, асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка. (Київ, Україна)
- Черненко Варвара Петрівна - кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (Кременчук, Україна)
- Чернуха Надія Миколаївна — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)
- Чумак Оксана Володимирівна - доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
- Шандра Наталія Андріївна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов для природничих факультетів Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів, Україна)
- Шеремет Інесса Володимирівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри медикобіологічних та валеологічних основ охорони життя і здоров'я Національного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова (Київ, Україна)
- Якимчук Аліна Юріївна - доктор економічних наук, професор, Академік економічних наук України, професор кафедри державного управління, документознавства та інформаційної діяльності Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Якимчук Олег Феодосійович - керівник групи білінгу Відділу бізнес-систем Департаменту інформаційних технологій ПРАТ «Рівнеобленерго» (Рівне, Україна)
- Яцишин Андрій Васильович - доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)

Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.

ЗМІСТ

СЕРІЯ «Право»

Barabanova D.A.	34
<i>PROCEDURAL STATUS OF THE SUSPECT, THE ACCUSED: ESSENCE, STRUCTURE AND TEMPORAL BOUNDARIES</i>	
Havryltsiv M., Povalena M.	46
<i>GENDER EQUALITY IN THE SECURITY AND DEFENSE SECTOR OF UKRAINE: ORGANIZATIONAL AND LEGAL APPROACHES IN THE CONTEXT OF EURO-ATLANTIC INTEGRATION</i>	
Patseva I., Demchuk L., Davydova I., Ustymenko V., Kyrylenko N.	59
<i>GOVERNANCE AND CONTROL MECHANISMS IN EU ENVIRONMENTAL AND MINING LAW: LESSONS FOR THE RESOURCE SECTOR OF UKRAINE</i>	
Айрапетов М.А.	73
<i>ЗАХИСТ КОНТИНУУМУ ПРАВ І СВОБОД ЛЮДИНИ В УМОВАХ ОКУПАЦІЇ. ПОЗИТИВНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВ</i>	
Беген В.О.	85
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ ІНСТАНЦІЙНОЇ ЮРИСДИКЦІЇ СПРАВ ЗА УЧАСТЮ ВИЩИХ ОРГАНІВ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ У ДОКТРИНІ АДМІНІСТРАТИВНОГО СУДОЧИНСТВА</i>	
Бекірова Р.Р., Лашенко В.О., Толубасва К.О.	103
<i>ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ДОГОВОРУ ПРО НЕКОНКУРЕНЦІЮ В ТРУДОВЕ ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ</i>	
Василів С.С.	116
<i>ДО ПИТАННЯ СУДОВОЇ ЮРИСДИКЦІЇ ЦИВІЛЬНИХ СПРАВ</i>	
Кіра С.О., Лесько Н.В.	123
<i>ІНСТИТУЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО СУДОЧИНСТВА В ОКРЕМИХ КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ</i>	

Шевчук О.Ф., Павлюк П.П., Козловський А.В., 2917
Паночишин Ю.М., Сімончук С.В.

*ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ LogP ТА pK_a
ФТОРВМІСНИХ НАСИЧЕНИХ ПОХІДНИХ НА ОСНОВІ
МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ*

Шуптар-Поривасєва Н.Й. 2928

*ВІЙСЬКОВИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ГЛОБАЛЬНОМУ
КОНТЕКСТІ: ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ УКРАЇНСЬКОГО
ТА МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ*

Яровий А.А., Шевчук О.Ф., Озеранський В.С., Петришин С.І., 2940
Романенко Н.Б.

*ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМА-
ЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ХВОРОБ РОСЛИН*

Яхненко С.Г. 2953

*ОГЛЯД АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ
СЕСІЙНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ*

СЕРІЯ «ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ»

Мушеник І.М., Марчук Н.А. 2969

*ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИЩОЇ МАТЕМА-
ТИКИ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ*

Ярова О.А., Скасків Л.В., Черкас Я.П. 2982

*ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ДІЙСНИХ ЧИСЕЛ. ЦІЛА ТА ДРОБОВА
ЧАСТИНИ*

УДК 004.93:004.8

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11\(52\)-2940-2952](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-11(52)-2940-2952)

Яровий Андрій Анатолійович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0002-6668-2425>

Шевчук Олександр Федорович кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <https://orcid.org/0000-0002-8600-0700>;

Озеранський Володимир Сергійович кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <https://orcid.org/0009-0007-1694-2317>

Петришин Сергій Іванович кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <https://orcid.org/0009-0001-3465-1499>

Романенко Наталія Борисівна магістр кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <https://orcid.org/0009-0003-1568-5540>

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ХВОРОБ РОСЛИН

Анотація. Рослини відіграють ключову роль у нашому житті, забезпечуючи харчові ресурси, сировину та стабільність аграрного сектору. Проте хвороби рослин становлять значну загрозу для врожайності та якості сільськогосподарських культур, оскільки можуть швидко поширюватися та завдавати істотних економічних збитків.

Саме тому завчасне виявлення та точне визначення хвороб рослин є важливим завданням, яке дозволяє зберегти врожай, мінімізувати втрати та зменшити витрати на лікування і профілактику.

Системи штучного інтелекту, зокрема методи глибинного навчання, є перспективним інструментом для розв'язання цієї задачі, оскільки здатні автоматично аналізувати великі обсяги даних і визначати патології за візуальними ознаками.

У роботі розглядається питання визначення хвороб рослин за допомогою нейронних мереж та експертних систем. Досліджено сучасні підходи до автоматизованого визначення рослинних хвороб, проаналізовано існуючі розробки у цій сфері. Прямих аналогів поставленій задачі не виявлено, проте знайдено кілька непрямих рішень, орієнтованих на схожі проблеми. Визначено мету та сформульовано основні задачі дослідження. Описано ключові переваги автоматизації діагностики хвороб рослин, а також перспективи подальшого розвитку цього напрямку з урахуванням можливостей сучасних інформаційних технологій. Запропоновано методи використання інтелектуальних технологій для визначення хвороб сільськогосподарських культур, що дозволяє підвищити ефективність аграрних процесів. Здійснено спробу полегшити визначення та класифікацію хвороб за зображеннями рослин шляхом використання спеціалізованих моделей. Описано двоетапну структуру процесів обробки інформації, яка включає первинний експертний аналіз та подальшу обробку даних згортковими нейронними мережами. Обґрунтовано вибір технології експертних систем і моделі подання знань. Досліджено різні типи згорткових нейронних мереж, придатних для виконання поставленої задачі, а також набори зображень, які можуть бути використані для навчання та тестування моделей. Розроблено загальний алгоритм роботи системи та реалізовано програмне забезпечення для вирішення задачі автоматизованого визначення хвороб рослин. Створена інформаційна технологія поєднує можливості експертних систем, що базуються на структурованих базах знань про хвороби рослин, з алгоритмами глибокого навчання, здатними здійснювати діагностику на основі аналізу зображень. Проведено тестування, оцінено точність роботи розробленого програмного забезпечення та виконано аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: розпізнавання образів, нейронні мережі, глибинне навчання, експертні системи, інформаційна технологія.

Yarovyi Andrii Anatoliyovych Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department for Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0002-6668-2425>;

Shevchuk Oleksandr Fedorovych Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department for Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0000-0002-8600-0700>

Ozeranskyi Volodymyr Serhiiovych Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department for Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0009-0007-1694-2317>

Petrishyn Sergiy Ivanovych Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer at the Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0009-0001-3465-1499>

Romanenko Nataliia Borysivna Master of the Department for Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, <https://orcid.org/0009-0003-1568-5540>

FEATURES OF IMPLEMENTING AN INTELLIGENT INFORMATION TECHNOLOGY FOR PLANT DISEASE IDENTIFICATION

Abstract. Plants play a crucial role in human life by providing food resources, raw materials, and ensuring the stability of the agricultural sector. However, plant diseases pose a significant threat to the yield and quality of agricultural crops, as they can spread rapidly and cause substantial economic losses. Therefore, early detection and accurate identification of plant diseases are essential tasks that help preserve crops, minimize losses, and reduce the costs of treatment and prevention. Artificial intelligence systems, particularly deep learning methods, are promising tools for solving this problem, as they are capable of automatically analyzing large volumes of data and identifying pathologies based on visual features.

This work addresses the problem of identifying plant diseases using neural networks and expert systems. Modern approaches to automated plant disease detection are examined, and existing solutions in this field are analyzed. No direct analogues to the formulated problem were found; however, several indirect solutions targeting related tasks have been identified. The aim and main objectives of the study have been defined. The key advantages of automating plant disease diagnostics, as well as the prospects for further development of this field with regard to modern information technologies, are outlined.

Methods for applying intelligent technologies to identify diseases of agricultural crops are proposed, enabling improved efficiency of agricultural processes. An attempt has been made to simplify the detection and classification of plant diseases from images through the use of specialized models. A two-stage structure of information processing is described, which includes an initial expert analysis followed by data processing using convolutional neural networks. The choice of expert system technology and knowledge representation model is justified. Various types of convolutional neural networks suitable for the given task, as well as image datasets that can be used for training and testing the models, are examined. A general algorithm of the system's operation has been developed, and software for solving the task of automated plant disease identification has been implemented. The

created information technology combines the capabilities of expert systems, based on structured knowledge bases about plant diseases, with deep learning algorithms capable of diagnosing diseases through image analysis. Testing has been conducted, the accuracy of the developed software has been evaluated, and the obtained results have been analyzed.

Keywords: pattern recognition, neural networks, deep learning, expert systems, information technology.

Постановка проблеми. Сільське господарство є одним із ключових секторів економіки, де своєчасне визначення хвороб рослин має вирішальне значення для забезпечення високих врожаїв. Традиційні методи, які базуються на досвіді агрономів, часто є трудомісткими, суб'єктивними та потребують значних затрат часу. Водночас, нестача кваліфікованих кадрів у багатьох регіонах ускладнює цей процес. Визначення хвороби рослини на початковій стадії є дуже важливою задачею. Раннє виявлення хвороб дає можливість оперативно вживати заходів для запобігання їх поширенню, зменшуючи ризик втрати значної частини врожаю. На початкових стадіях розвитку хвороби можна застосовувати цілеспрямовані методи лікування, що дозволяє мінімізувати використання хімічних пестицидів, які можуть негативно впливати на екологію та здоров'я людей. Здорові рослини забезпечують якісний врожай, що сприяє підтриманню високих стандартів у харчовій та комерційній сферах. Крім того, своєчасне визначення захворювань дає змогу зменшити витрати на боротьбу з їх масштабним поширенням.

Все частіше в різних галузях впроваджуються нові системи автоматизації процесів [1]. Це стає необхідністю в сучасному світі. Перевагами такого підходу є підвищення ефективності, зниження витрат та покращення якості.

Тому, доцільно здійснити спробу полегшити визначення та класифікацію хвороб рослин з використанням сучасних технологій. Застосування нейронних мереж і експертних систем відкриває нові можливості для автоматизації процесу визначення хвороб, що сприяє підвищенню точності, швидкості та доступності діагностики [2]. Запропоновано інформаційну технологію визначення хвороб рослин та надання рекомендацій для їх лікування, яка відрізняється від існуючих інтегрованим застосуванням нейронних мереж та експертних систем [3].

Метою статті є розроблення програмного забезпечення для швидкого і точного визначення хвороб рослин, що базується на використанні нейронних мереж та експертних систем.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати відомі методи визначення хвороб рослин;
- розробити структуру процесів обробки інформації;

- обґрунтувати вибір архітектури нейронної мережі;
- зібрати та підготувати набір даних (набір зображень рослин з різними хворобами);
- обґрунтувати вибір інструментів технічної реалізації інформаційної технології визначення хвороб рослин;
- розробити алгоритм роботи інформаційної технології визначення хвороб рослин;
- реалізувати інформаційну технологію визначення хвороб рослин;
- провести тестування програмної реалізації інформаційної технології визначення хвороб рослин та проаналізувати отримані результати.

Аналіз існуючих аналогів. Визначення хвороб рослин є однією з ключових задач у сільському господарстві, яка має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки. Застосування штучного інтелекту у цій галузі дозволяє автоматизувати процес діагностики, мінімізувати втрати врожаю та зменшити використання хімікатів за рахунок раннього виявлення хвороб. Основна перевага використання нейронних мереж полягає в їх здатності аналізувати складні візуальні патерни на зображеннях листя, плодів або стебел рослин. Сучасні рішення ґрунтуються на перенесенні знань із загальних задач комп'ютерного зору, таких як класифікація зображень і сегментація, до специфічної області розпізнавання хвороб рослин. Також активно використовуються методи аугментації даних для створення більш варіативних наборів зображень, що дозволяє компенсувати обмеженість доступних даних і зробити моделі більш стійкими до змін умов навколишнього середовища.

Огляд моделей і підходів дає змогу зрозуміти їхній потенціал, особливості та обмеження, які потрібно враховувати під час впровадження. Наприклад, складність моделі може впливати на швидкість роботи системи.

Крім того, враховується чутливість моделей до факторів, таких як неоднорідність фону, варіативність освітлення або різні етапи розвитку рослин. Таким чином, інтеграція таких рішень у сільське господарство вимагає ретельної адаптації моделей під специфіку задачі, включаючи врахування біологічних особливостей культур, а також практичних потреб фермерів, наприклад, роботу в реальному часі чи можливість використання на недорогому обладнанні. Такі підходи відкривають нові можливості для підвищення ефективності агропромисловості, зменшення втрат через хвороби та оптимізації процесів вирощування рослин. Загалом існує декілька програмних рішень визначення хвороб рослин. Plantix [4] – це мобільний додаток, розроблений для діагностики хвороб рослин, що використовує алгоритми машинного навчання для аналізу зображень. Додаток ідентифікує хвороби та шкідників, а також визначає дефіцит поживних речовин. Plantix

дозволяє користувачам відстежувати стан їхніх посівів та отримувати інформацію про погодні умови, що можуть вплинути на здоров'я рослин. Основні недоліки – точність діагностики залежить від якості завантажених фотографій; низька якість зображення або неправильне освітлення можуть знизити точність ідентифікації; щоб додаток залишився актуальним і точним, необхідні регулярні оновлення бази даних та алгоритмів; потребує підключення до інтернету. iNaturalist [5] – це спільний проект Каліфорнійської академії наук та Національного географічного товариства, який надає платформу для спостереження за біорізноманіттям. Головні недоліки: основна мета це ідентифікація видів, а не діагностика хвороб рослин, що обмежує його застосування в аграрному секторі; точність ідентифікації значною мірою залежить від внесків користувачів і активності спільноти; додаток вимагає підключення до інтернету. Отже прямого аналогу не знайдено, а тому розробка інтелектуальної інформаційної технології для визначення хвороб рослин з використанням нейронних мереж та експертних систем є актуальною. Як результат, розроблений продукт вирішуватиме недоліки існуючих рішень і забезпечуватиме розширений набір функцій [3].

Виклад основного матеріалу. Насамперед відзначимо, що для реалізації поставлених задач постає необхідність у створенні інформаційної технології, яка комбінує можливості експертних систем, що базуються на обширних базах знань про хвороби рослин, з алгоритмами глибокого навчання, здатними розпізнавати хвороби на основі зображень рослин. Система обробки інформації складається з двоетапної структури (рис. 1). Кожен етап відповідає за конкретні задачі. Початкова обробка - прийняття рішення за допомогою експертних систем та пост-обробка зображень та їх аналіз нейронними мережами. Цей підхід поєднує сильні сторони нейронних мереж у розпізнаванні зображень і експертних систем у прийнятті рішень на основі правил та знань.

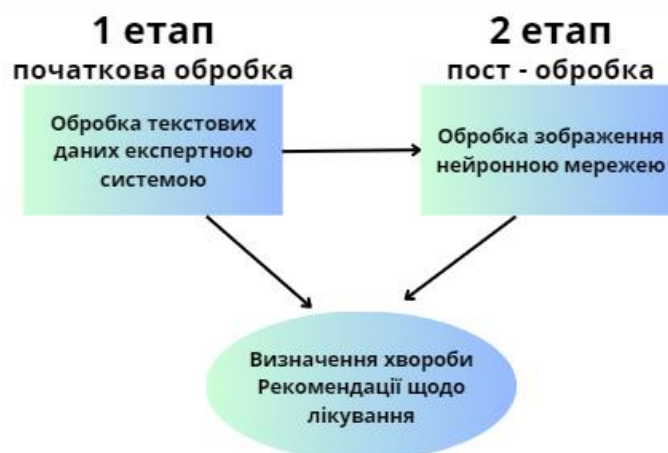


Рис. 1. Двоетапна структура обробки інформації

Перший етап це попередня обробка, спочатку відбувається прийняття рішення з використанням експертної системи, яка враховує дані про рослину, зовнішні умови та знання, що знаходяться у базі правил експертної системи. Користувачу буде запропоновано ввести додаткові характеристики рослини та симптоми. Експертна система містить базу знань про хвороби рослин, симптоми та способи лікування, а також правила прийняття рішень. Система обирає остаточний діагноз на основі сукупності факторів. Якщо імовірність певної хвороби висока і збігається з наявними симптомами, діагноз вважається точним. Експертна система видає остаточний діагноз на основі всіх зібраних даних і результатів нейронної мережі. Система надає користувачу детальні рекомендації щодо боротьби з визначеною хворобою та описує можливе лікування.

Використання експертних систем є виправданим і ефективним рішенням з кількох ключових причин. У сільському господарстві, зокрема в діагностиці хвороб рослин, є багато специфічних знань і правил, що охоплюють симптоми різних хвороб, умови, за яких вони проявляються, та методи лікування. Експертні системи дозволяють ефективно кодувати ці знання у вигляді логічних правил і використовувати їх для автоматичної діагностики. База знань може бути побудована на основі знань агрономів, наукових даних та інших джерел. Експертна система може не лише аналізувати симптоми на основі чітко визначених правил, але й адаптувати свої висновки на основі додаткової інформації (наприклад, кліматичні умови, тип ґрунту). Це дає можливість надавати точніші рекомендації з урахуванням усіх змінних.

Експертна система може бути легко оновлена для врахування нових хвороб або змін у методах лікування. Це дозволяє системі залишатися актуальною та ефективною навіть у змінюваних умовах сільського господарства. Механізм виведення може бути налаштований на нові правила. Вибір правил продукції для системи визначення хвороб рослин є оптимальним через їхню здатність чітко відображати взаємозв'язки між симптомами і хворобами, простоту у використанні та легкість інтеграції з іншими технологіями. Правила продукції забезпечують прозорість рішень, що є важливим для довіри користувачів до системи, а також дозволяють швидко додавати нові знання.

Другий етап це пост-обробка зображень з використанням згорткових нейронних мереж (CNN) [6], зосереджений на аналізі зображень листків рослин для виявлення хвороб за допомогою нейронної мережі, яка виконує розпізнавання патернів і класифікацію. Цей процес включає кілька підпроцесів. Спочатку користувач завантажує зображення ураженої хворобою рослини. Зображення проходить обробку для зменшення шуму, корекції контрасту та масштабування до відповідного розміру, що спрощує його аналіз нейронною мережею. Далі виконується виділення основної області інтересу (наприклад,

листка) для подальшої обробки, щоб уникнути впливу зайвих елементів (фон, тіні тощо). Після чого відбувається розпізнавання хвороб за допомогою нейронної мережі. На виході нейронної мережі створюється імовірнісна оцінка для кожної з відомих хвороб рослин. Мережа визначає, з якою ймовірністю зображення відповідає кожній з хвороб і видає результат.

Використання CNN дозволяє проводити визначення хвороб рослин майже в режимі реального часу, що допомагає вчасно реагувати на загрози і приймати рішення щодо лікування. CNN можуть використовуватися для широкого спектра рослин і хвороб, не обмежуючись лише однією культурою. Моделі можна адаптувати до різних типів рослин шляхом доопрацювання або донавчання на нових даних [6]. Таким чином, CNN є ідеальним вибором для створення систем визначення хвороб рослин на основі зображень, оскільки вони поєднують високу точність, ефективність і здатність автоматично обробляти великі обсяги візуальних даних.

У системах визначення хвороб рослин, які базуються на зображеннях, вибір архітектури CNN є критичним для забезпечення високої точності та швидкості роботи, низької обчислювальної складності і стійкості до шуму. Для навчання нейронної мережі необхідно або самостійно зібрати набір даних (зображень рослин з різними хворобами і без хвороб), або використати готовий набір даних. Вибір рослин для розпізнавання залежить від кількох факторів, включаючи потреби кінцевих користувачів, розповсюдженість хвороб у конкретному регіоні та наявність доступних даних. Існує кілька відкритих та безкоштовних наборів зображень хвороб рослин, які можна використовувати для навчання моделей розпізнавання. Одним із найпопулярніших є PlantVillage Dataset [7]. Набір містить понад 50 тисяч зображень хвороб різних рослин, зокрема томатів, картоплі, кукурудзи, яблуні, винограду, апельсину, сої, полуниці. Включаючи наступні хвороби: фітофтороз, іржа, парша, фузаріоз, вірусні та бактеріальні інфекції.

Поєднання нейронних мереж для обробки зображень і експертних систем для аналізу додаткових факторів підвищує точність діагностики хвороб рослин. Система може бути адаптована для роботи з різними типами рослин та хвороб, завдяки можливості оновлення бази знань експертної системи. Система може інтегрувати нові правила, методи діагностики або враховувати додаткові параметри для покращення результатів.

Опис розробленої інформаційної технології. Інформаційна технологія розроблена у вигляді чат-бота. Алгоритм інформаційної технології для визначення хвороб рослин поєднує два основні підходи: використання експертних систем для аналізу текстових даних (симптомів) і згорткової нейронної мережі (CNN) для аналізу зображень. На рисунку 2 представлено діаграму діяльності створених модулів.

Спочатку відбувається збір вхідної інформації. Користувач вводить дані про симптоми рослини через чат-бот. А точніше відповідає на питання щодо спостережуваних симптомів. Далі введена інформація проходить обробку текстових даних. Введені симптоми аналізуються за допомогою експертної системи.

Текстова інформація зіставляється з базою знань, щоб віднайти можливі хвороби і методи лікування. Після цього відбувається пост-перевірка за зображенням. Користувач завантажує фотографію ураженої частини рослини для аналізу. Після цього зображення проходить попередню обробку: зміна розміру, нормалізація яскравості, видалення шуму. Також зображення перетворюється у формат, який підходить для подачі в згорткову нейронну мережу. Наступний крок це аналіз даних нейронною мережею. На виході обробки зображення мережею надається ймовірність належності зображення до одного з відомих класів хвороб. Далі відбувається об'єднання результатів.

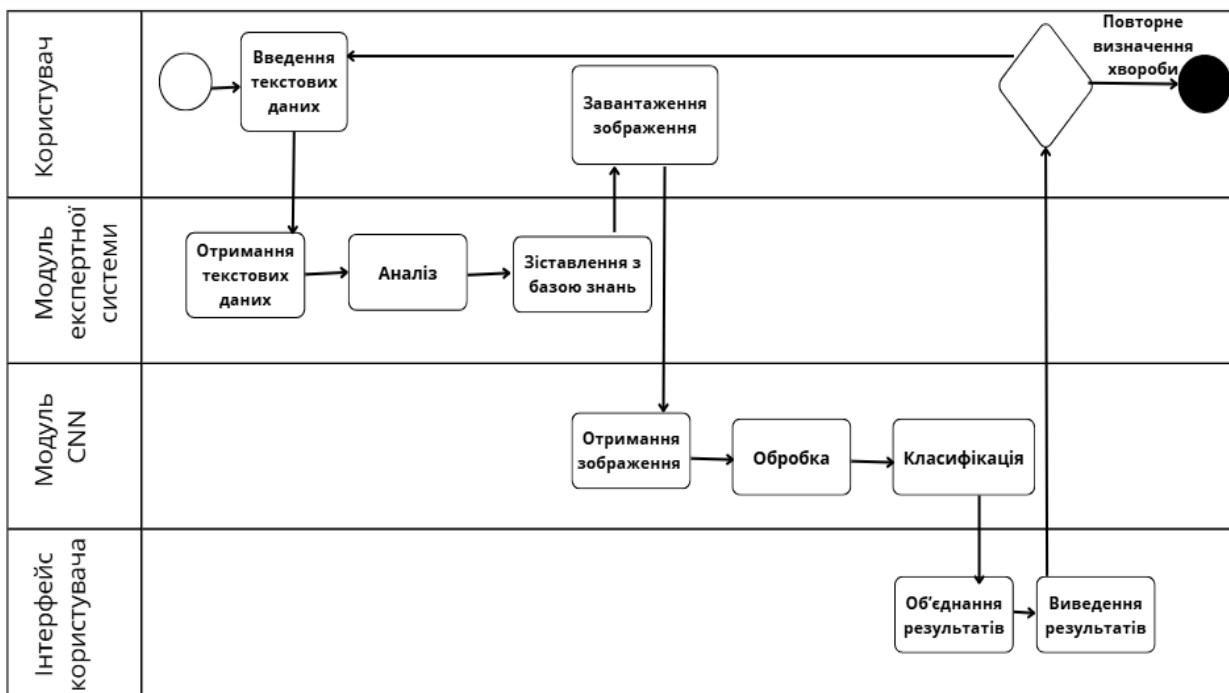


Рис. 2. Діаграма діяльності

Кожен з методів (експертна система та CNN) надає можливі хвороби. На остаток формується остаточний діагноз. Алгоритм обирає найімовірніше захворювання на основі сукупності результатів. Додатково надаються рекомендації щодо лікування, засновані на базі знань експертної системи.

Користувач отримує вивід у вигляді прогнозу хвороби та порад щодо лікування. Після цього користувач вирішує чи повторити визначення хвороби чи завершити розмову в чат-боті.

Алгоритм поєднує можливості експертних систем і глибокого навчання для більш точної діагностики хвороб рослин. Що дозволяє використовувати різні типи даних – текстові і візуальні для досягнення максимальної точності.

Тестування програмного продукту є ключовим етапом в процесі розробки, спрямованим на перевірку та підтвердження відповідності функціональності чат-боту вимогам та очікуванням. Цей процес передбачає перевірку правильності роботи розробленої експертної системи та навченої моделі нейронної мережі. Результатом цієї роботи є чат-бот, що визначає хворобу рослини спочатку за описом ознак, а потім за зображенням ураженої хворобою рослини. Для того щоб впевнитися, що програма працює правильно, проведено її тестування (рис. 3).

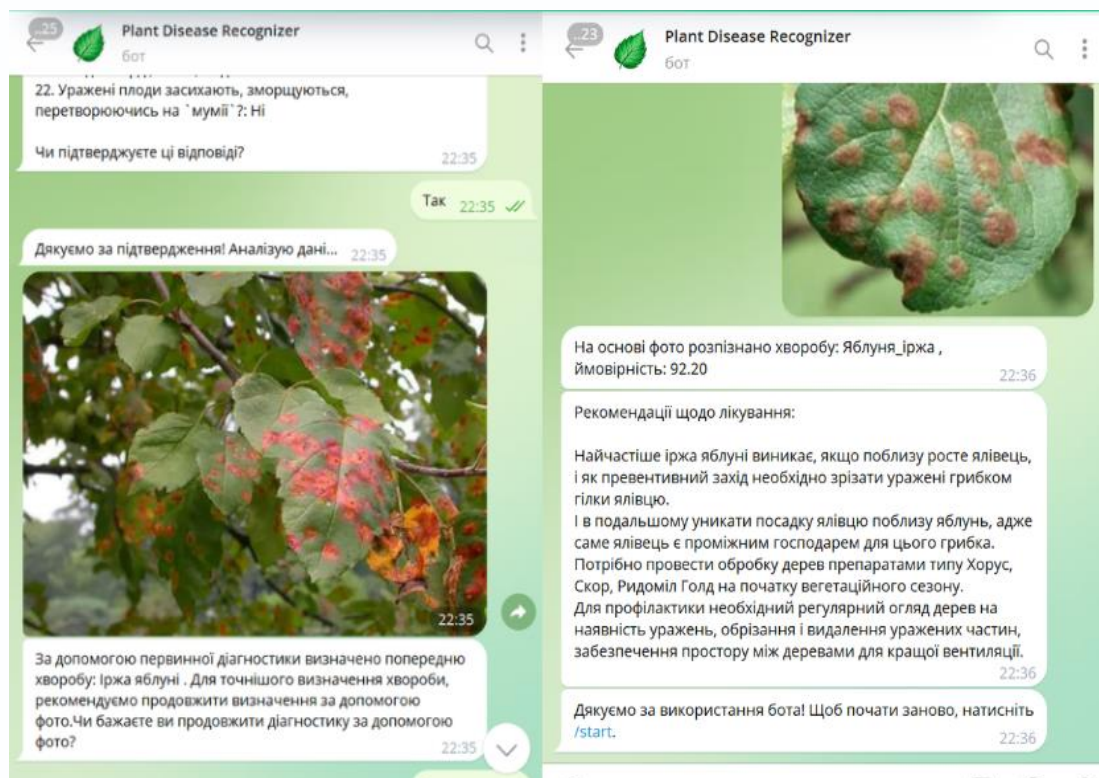


Рис. 3. Тестування визначення хвороби

Розмова розпочинається після відкриття меню діалогу з ботом та натиснення кнопки "Start". Бот спочатку запитує культуру на якій потрібно визначити хворобу. Після визначення культури послідовно задає питання користувачу про кожен симптом. Користувач відповідає "так" або "ні" на кожне питання. Після кожної відповіді бот аналізує чи відповідають зібрані симптоми якійсь хворобі. Бот зберігає відповіді.

Введені симптоми аналізуються за допомогою експертної системи. Текстова інформація зіставляється з базою знань, щоб уточнити можливу

хворобу. Після завершення питань бот просить підтвердити усі відповіді, показуючи усю отриману інформацію від користувача. Якщо користувач підтвердив, то бот видає попередню хворобу або повідомляє, що відповідних хвороб не знайдено, якщо користувач не підтверджує, то бот просить ще раз відповісти на питання або завершити розмову.

Після того як опитування щодо симптомів хвороби закінчилося і користувач отримав попередньо визначену хворобу, пропонується завантажити зображення рослини на якій спостерігається хвороба для подальшого розпізнавання за допомогою натренованої моделі нейронної мережі.

Зображення проходить обробку, а саме: редагується розмірність, проводиться нормалізація. Зображення пропускається через кілька шарів мережі для вилучення ключових ознак. Кожен згортковий шар виділяє різні патерни (краї, текстури, форми пошкоджень), що вказують на наявність хвороби. На виході мережі надається ймовірність належності зображення до одного з відомих класів хвороб.

В результаті, бот видає визначену хворобу та ймовірність приналежності до певної хвороби рослини, також надає рекомендації щодо лікування визначеної хвороби.

Висновки.

1. Наголошено на важливості, доцільності та актуальності створення інформаційної технології визначення хвороб рослин з використанням нейронних мереж та експертних систем для надання рекомендації щодо їх лікування.

2. Розглянуто постановку задачі, проведено огляд відомих методів, які можна використовувати для поставленої задачі. Проаналізовано системи-аналоги для визначення хвороб рослин. Результати порівняння відображають доцільність розробки власного програмного рішення для досягнення поставлених цілей.

3. Визначено основні завдання, які необхідно виконати під час реалізації інформаційної технології. Проведено докладний аналіз основних компонентів розроблюваної інформаційної технології визначення хвороб рослин з використанням нейронних мереж та експертних систем. Описано двоетапну структуру процесів обробки інформації, розроблено загальний алгоритм роботи.

4. Програмно реалізовано інформаційну технологію визначення хвороб рослин з використанням нейронних мереж та експертних систем. В результаті проведено тестування і доведено повну працездатність та відповідність поставленому завданню. Отриманий програмний продукт відзначається зручністю в користуванні та відповідає критеріям задоволення інформаційних потреб користувачів.

Література:

1. Сем Фокс. Штучний інтелект у сільському господарстві: автоматизація та прецизійне землеробство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mediacom.com.ua/shtuchnij-intelekt-v-agropromislovomu-kompleksi-avtomatizatsiya-ta-tochne-zemlerobstvo/> (дата звернення: 22.10.2025).
2. Романенко Н. Б., Яровий А. А. Застосування нейронних мереж та експертних систем для автоматизації процесу діагностування хвороб рослин // Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024): збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – С. 1–3. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/21428/17760> (дата звернення: 22.10.2025).
3. Романенко Н. Б., Яровий А. А. Застосування двоетапної структури обробки інформації для визначення хвороб рослин // Current problems of mankind and ways to solve them: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції. – Мюнхен, Німеччина, 2024. – С. 414–417. – Режим доступу: <https://eu-conf.com/events/current-problems-of-mankind-and-ways-to-solve-them/> (дата звернення: 22.10.2025).
4. Plantix [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://plantix.net/en/> (дата звернення: 22.10.2025).
5. iNaturalist [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.inaturalist.org/> (дата звернення: 22.10.2025).
6. Basic CNN Architecture: Explaining 5 Layers of Convolutional Neural Network [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.upgrad.com/blog/basic-cnn-architecture/> (дата звернення: 22.10.2025).
7. PlantVillage Dataset [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kaggle.com/datasets/emmarex/plantdisease> (дата звернення: 22.10.2025).

References:

1. Fox, S. (2025). *Shtuchnyi intelekt u silskomu hospodarstvi: avtomatyzatsiia ta prezyziine zemlerobstvo* [Artificial intelligence in agriculture: Automation and precision farming]. Retrieved from <https://mediacom.com.ua/shtuchnij-intelekt-v-agropromislovomu-kompleksi-avtomatizatsiya-ta-tochne-zemlerobstvo/> [in Ukrainian]
2. Romanenko, N. B., & Yarovy, A. A. (2024). *Zastosuvannia neironnykh merezh ta ekspertnykh system dlia avtomatyzatsii protsesu diahnostuvannia khvorob roslin* [Application of neural networks and expert systems for automating the process of plant disease diagnosis]. In *Molod v nautsi: doslidzhennia, problemy, perspektyvy (MN-2024)*: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference (pp. 1–3). Vinnytsia: VNTU. Retrieved from <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/21428/17760> [in Ukrainian]
3. Romanenko, N. B., & Yarovy, A. A. (2024). *Zastosuvannia dvoetapnoi struktury obrobky informatsii dlia vyznachennia khvorob roslin* [Application of a two-stage information processing structure for plant disease identification]. In *Current problems of mankind and ways to solve them*: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference (pp. 414–417). Munich, Germany. Retrieved from <https://eu-conf.com/events/current-problems-of-mankind-and-ways-to-solve-them/> [in Ukrainian]
4. Plantix. (2025). *Plantix*. Retrieved from <https://plantix.net/en/>
5. iNaturalist. (2025). *iNaturalist*. Retrieved from <https://www.inaturalist.org/>
6. UpGrad. (2025). *Basic CNN Architecture: Explaining 5 Layers of Convolutional Neural Network*. Retrieved from <https://www.upgrad.com/blog/basic-cnn-architecture/>

7. Kaggle. (2025). *PlantVillage Dataset*. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets/emmarex/plantdisease>